

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 7 月 21 日 (21.07.2005)

PCT

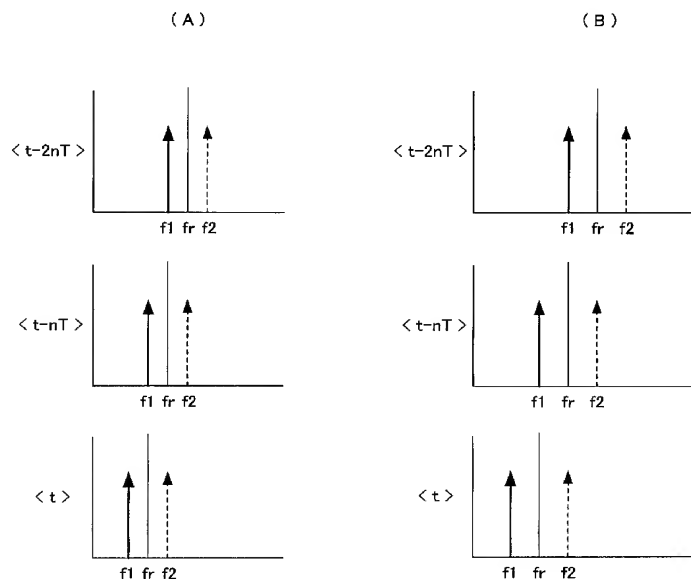
(10) 国際公開番号
WO 2005/066654 A1

- (51) 国際特許分類: G01S 13/34
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/016530
- (22) 国際出願日: 2004 年 11 月 8 日 (08.11.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2004-002145 2004 年 1 月 7 日 (07.01.2004) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社村田製作所 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石井徹 (ISHII, Toru) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP). 中西基 (NAKANISHI, Motoi) [JP/JP]; 〒6178555 京都府長岡京市東神足 1 丁目 10 番 1 号 株式会社村田製作所内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 小森久夫 (KOMORI, Hisao); 〒5400011 大阪府大阪市中央区農人橋 1 丁目 4 番 3 4 号 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,

[続葉有]

(54) Title: RADAR

(54) 発明の名称: レーダ



(57) Abstract: The center frequency $fr[t]$ of the peak frequency of a first and a second protruding portion at the current measurement timing t is predicted from the peak frequency $f1[t-nT]$ of the first protruding portion at a predetermined measurement timing $t-nT$. The $f1[t]$ and $f2[t]$ approximating $fr[t]$ predicted by $(f1[t] + f2[t])/2$ are extracted as a pair of candidates. Moreover, such $f1[t]$ and $f2[t]$ are selected that the Doppler shift frequency is substantially equal to the Doppler frequency obtained from the peak frequency $f1[t-nT]$ of the first protruding portion and the peak frequency $f2[t-nT]$ of the second protruding portion.

(57) 要約: 所定の測定タイミング $t-nT$ での第 1 の突出部のピーク周波数 $f1[t-nT]$ から、今回の測定タイミング t での第 1・第 2 の突出部のピーク周波数の中心周波数 $fr[t]$ を予測し、 $(f1[t] + f2[t])/2$ が予測した $fr[t]$ に近似する $f1[t]$ 、 $f2[t]$ をペア候補として抽出する。

[続葉有]

WO 2005/066654 A1



NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

レーダ

技術分野

[0001] この発明は、連続波を周波数変調した電波を送受信して物標の探知を行うレーダに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、例えば車載用レーダとして、ミリ波を利用したFM-CWレーダが開発されている。FM-CWレーダは、連続波(CW)を周波数変調(FM)した電波を送受信して物標の探知を行う。すなわち、周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降する下り変調区間とを繰り返す送信信号を送信し、物標からの反射信号を含む受信信号を受信するようにし、送信信号と受信信号との周波数差の信号であるビート信号の周波数スペクトルに基づいて物標の相対距離および相対速度を求める。また、物標の相対位置・相対速度は通常一定ではないので、上記動作を一定周期で繰り返し、その都度物標の相対位置・相対速度を求める。さらに、物標は或る探知方位角範囲に分布しているので、上記動作を所定方位を向く1つのビームについて行い、そのビーム方位を順次変化させることによって、上記探知方位角範囲内の物標の方位を求める。

[0003] 物標が単一である場合には、上り変調区間と下り変調区間において、物標からの反射波に基づくビート信号の周波数スペクトルにそれぞれ単一の突出部が生じる。従って、その突出部のピーク周波数を、上り変調区間のビート信号(以下「アップビート信号」という。)と下り変調区間のビート信号(以下「ダウンビート信号」という。)とについてそれぞれ求め、その2つのピーク周波数から物標の相対距離および相対速度を求めることができる。

[0004] ところが、略同一方向に複数の物標が存在する場合には、同一ビームについてアップビート信号とダウンビート信号のそれぞれについて、周波数スペクトルに複数の突出部が生じる。そのため、これら複数の突出部のうち、どれとどれの組み合わせが同一物標の存在に起因して生じたものであるかを判定(以下「ペアリング」という。)する

必要がある。しかし、検出した突出部の数が増える程ペアリングに時間がかかるとともに、組み合わせの数が増大するため、誤ったペアリングが生じる可能性も増大する。そのため、限られた時間内に探知可能な物標の数が制限されるという問題や、多くの物標を探知するためには高速演算可能な演算処理部が必要となってコスト高になるという問題、あるいはペアリング誤りが生じた場合、高精度な相対距離・速度を求め難いという問題があった。

[0005] 実際のレーダでは、上述の問題を回避するために一度のペアリングだけに依存しないように、前後の相関を考慮したフィルタ処理などにより精度の向上を図ることになる。しかし、初めから誤ったペアリングを起こさないことが重要である。

[0006] そのため、従来は特許文献1に開示されているように、受信信号の周波数スペクトルに現れる突出部の強度が略同一である組み合わせを同一物標によるものと見なし、ペアリングを行うようにしている。

また、ドップラシフト周波数分の移動距離が、将来の予測時間における相対速度による移動距離に一致するように、上り変調と下り変調の傾きを設定することが特許文献2に開示されている。この構成によれば、ペアリングせずに距離の算出が可能となる。

特許文献1:特開平4-343084号公報

特許文献2:特開平6-94829号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献1の方法では、受信信号強度が略同一である突出部が複数現れた場合、ペアとなり得る組み合わせを決定できない場合が生じる。

また、特許文献2の方法によれば、距離算出のためにはペアリングが不要となるが、相対速度の算出ができないという問題があった。

[0008] そこで、この発明の目的は、上述の問題を解消して、ペアリングを容易にするとともに相対速度の算出も可能にしたレーダを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] (1)この発明は、周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降

する下り変調区間とを交互に繰り返す送信信号を送信するとともに、該送信信号の物標での反射信号である受信信号を受信し、送信信号と受信信号とのビート信号の周波数スペクトルに関するデータを求め、上り変調区間のビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第1突出部と、下り変調区間のビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第2突出部とから、ペアリングを行い、ペアをなす2つの突出部の周波数に基づいて相対距離と相対速度を検知するレーダにおいて、

所定タイミングでの第1の突出部のピーク周波数から、該所定タイミングより一定時間後のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数(すなわち距離遅延に基づく成分)を予測し、前記一定時間後のタイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出するようにしたことを特徴としている。

[0010] (2)またこの発明は、所定タイミングでの第2の突出部のピーク周波数から、該所定タイミングより一定時間前のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記一定時間前のタイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出するようにしたことを特徴としている。

[0011] (3)またこの発明は、前記周波数分析を行う測定周期を T 、上り変調区間とそれに隣接する下り変調区間とを一周期とする変調周期を $1/f_m$ 、送信信号の中心周波数を f_o 、上り変調区間と下り変調区間での周波数変位幅を ΔF とするとき、

$$nT \doteq f_o / (2 \Delta F \cdot f_m)$$

(但し、 n は任意の自然数)

の関係を満たす nT を前記の「一定時間」として、突出部のペアを抽出することを特徴としている。

[0012] (4)またこの発明は、所定タイミングから一定時間前の第1の突出部のピーク周波数と前記所定タイミングから一定時間後の第2の突出部のピーク周波数とを用いて、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記所定タイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出することを特徴としている。

[0013] (5)またこの発明は、(4)において所定タイミングでのペアをなす第1・第2の突出部のピーク周波数の差に略等しい周波数差を形成する前記所定タイミングでの前記中

心周波数の予測に用いた前記一定時間前のタイミングでの第1の突出部とペアをなす第2の突出部が無い場合に、および／または前記周波数差を形成する前記所定タイミングでの前記中心周波数の予測に用いた前記一定時間後のタイミングでの第2の突出部とペアをなす第1の突出部が無い場合に、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部の組み合わせをペア候補から除外することを特徴としている。

発明の効果

- [0014] (1)この発明によれば、所定タイミングでの第1の突出部のピーク周波数から、該所定タイミングより一定時間後のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数(距離遅延に基づく成分)を予測し、その中心周波数を基に、一定時間後のタイミングで得られた突出部のペアを抽出するようにしたことにより、ペアリングが容易となり、ペアリング誤りの発生度合いも殆どなくなるため、正しい相対距離・速度の算出が可能になる。また、ペアリングに要する計算量が減少するので、単位時間あたりの探知可能な物標の数が増し、探知の周期を短縮化できる。
- [0015] (2)また、この発明によれば、所定タイミングでの第2の突出部のピーク周波数から、該所定タイミングより一定時間前のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数(距離遅延に基づく成分)を予測し、その中心周波数を基に、一定時間前のタイミングで得られた突出部のペアを抽出するようにしたことにより、ペアリングが容易となり、ペアリング誤りの発生度合いも殆どなくなるため、正しい相対距離・速度の算出が可能になる。また、ペアリングに要する計算量が減少するので、単位時間あたりの探知可能な物標の数が増し、探知の周期を短縮化できる。
- [0016] (3)また、この発明によれば、測定周期を T 、上り変調区間とそれに隣接する下り変調区間とを一周期とする変調周期を $1/f_m$ 、送信信号の中心周波数を f_0 、上り変調区間と下り変調区間での周波数変位幅を ΔF とすると、 n を任意の自然数とし、 $nT \div f_0 / (2 \Delta F \cdot f_m)$ の関係を満たす nT を前記の「一定時間」とし、所定タイミングでの突出部のペアを抽出するようにしたので、前記所定タイミングから n 回前の測定における第1の突出部のピーク周波数または同 n 回後の測定における第2の突出部のピーク周波数から、前記所定タイミングで得られた突出部のペアを抽出できる。
- [0017] (4)また、この発明によれば、所定タイミングから一定時間前の第1の突出部のピー

ク周波数とその所定タイミングから一定時間後の第2の突出部のピーク周波数とを用いて、所定タイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、所定タイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出するようにしたので、上記 $nT \approx f_0 / (2 \Delta F \cdot f_m)$ の関係を満たさない場合でもまたはその関係からずれが生じて、中心周波数の予測誤差がキャンセルされて、ペアリングの精度を高めることができる。

- [0018] (5)また、この発明によれば、所定タイミングでのペアをなす第1・第2の突出部のピーク周波数の差に略等しい周波数差を形成する所定タイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数の予測に用いた一定時間前のタイミングでの第1の突出部とペアをなす第2の突出部が無い場合に、および／または前記周波数差を形成する所定タイミングでの前記中心周波数の予測に用いた一定時間後のタイミングでの第2の突出部とペアをなす第1の突出部が無い場合に、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部の組み合わせをペア候補から除外するようにしたので、ペア候補の数を早く削減でき、ペアリングを高速化できる。また、誤ペアリングの可能性も低減できる。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]レーダの構成を示すブロック図である。
- [図2]同レーダの上り変調区間と下り変調区間でのビート信号の例を示す図である。
- [図3]上り変調区間と下り変調区間におけるビート信号の周波数スペクトルの例を示す図である。
- [図4]第1の実施形態に係るレーダの各測定タイミングでのピーク周波数などの変化の例を示す図である。
- [図5]第1の実施形態に係るレーダの各測定タイミングでのピーク周波数などの変化の例を示す図である。
- [図6]同レーダのペアリングに関する処理手順を示すフローチャートである。
- [図7]第2の実施形態に係るレーダにおけるペアリングに関する処理手順を示すフローチャートである。
- [図8]第3の実施形態に係るレーダにおける各測定タイミングでのピーク周波数など

の変化の例を示す図である。

[図9]同レーダにおけるペアリングに関する処理手順を示すフローチャートである。

符号の説明

- [0020]
- 1—RFブロック
 - 2—信号処理ブロック
 - 3—誘電体レンズ
 - 4—1次放射器
 - 5—サーキュレータ
 - 6—カプラ
 - 7—アイソレータ
 - 8—VCO
 - 9—ミキサ
 - 13—デジタル信号処理装置
 - 14—マイクロプロセッサ
 - 16—スキャンユニット

発明を実施するための最良の形態

- [0021] この発明の実施形態に係るレーダの構成をブロック図として図1に示す。

このレーダは、図1に示すようにRFブロック1と信号処理ブロック2とから構成している。RFブロック1は、レーダ測定用の電波を送受信し、送信波と受信波とのビート信号を信号処理ブロック2へ出力する。信号処理ブロック2の変調カウンタ11は、結果的にDAコンバータ10から三角波信号を発生させるためのカウントを行い、その値をDAコンバータ10へ出力する。DAコンバータ10は、それをアナログ電圧信号に変換してRFブロック1のVCO(電圧制御発振器)8へ与える。これにより送信波をFM変調する。すなわち、VCO8の発振信号はアイソレータ7、カプラ6、サーキュレータ5を介して1次放射器4へ供給される。この1次放射器4は、誘電体レンズ3の焦点面または焦点面付近にあって、誘電体レンズ3は、1次放射器4から放射されるミリ波信号を鋭いビームとして送信する。物標(車両など)からの反射波が誘電体レンズ3を介し1次放射器4へ入射されると、受信信号がサーキュレータ5を介してミキサ9へ導かれる。ミ

キサ9には、この受信信号とカプラ6からの送信信号の一部であるローカル信号とを入力して、その周波数差の信号に相当するビート信号を中間周波信号として信号処理ブロック2のADコンバータ12へ出力する。ADコンバータ12は、これをデジタルデータに変換する。DSP(デジタル信号処理装置)13は、ADコンバータ12から入力したデータ列をFFT(高速フーリエ変換)処理して、後述するように、物標の相対距離および相対速度を算出する。

[0022] RFブロック1内のスキャンユニット16は、1次放射器4を誘電体レンズ3の焦点面またはそれに平行な面内を平行移動させる。この1次放射器4が設けられている可動部と固定部側との間に0dBカプラを構成している。モータMはスキャンユニット16の駆動用モータである。このモータによって、例えば100ms周期で -10 度から $+10$ 度の範囲をビーム走査する。

信号処理ブロック2内のマイクロプロセッサ14は、変調カウンタ11およびスキャンユニット16を制御する。このマイクロプロセッサ14は、スキャンユニット16に対してビーム方位を所定角度に向けるとともに、三角波でVCO8を変調するように、変調カウンタ11を制御する。マイクロプロセッサ14は、DSP13が求めた上り変調区間の周波数スペクトルに現れる突出部と、下り変調区間の周波数スペクトルに現れる突出部とのペアを抽出(ペアリング)する。また、マイクロプロセッサ14は、後述する方法によって物標の相対距離と相対速度を求め、それを図外のホスト装置へ出力する。

[0023] 図2は、物標までの距離と相対速度に起因する、送信信号と受信信号の周波数変化のずれの例を示している。送信信号TXSは中心周波数 f_0 を周波数中心として、三角波状に周波数変調された信号である。この送信信号TXSの周波数上昇時における送信信号TXSと受信信号RXSとの周波数差がアップビート信号の周波数 f_1 であり、送信信号TXSの周波数下降時における送信信号TXSと受信信号RXSとの周波数差がダウンビート信号の周波数 f_2 である。 ΔF は周波数偏位幅である。この送信信号TXSと受信信号RXSの三角波の時間軸上のずれ(時間差) Δt が、アンテナから物標までの電波の往復時間に相当する。また、送信信号TXSと受信信号RXSの周波数軸上のずれがドップラシフト量であり、これはアンテナに対する物標の相対速度に起因して生じる。この時間差とドップラシフト量によってアップビート信号の周波数 f

1とダウンビート信号の周波数 f_2 の値が変化する。この f_1 , f_2 を検出することによって、レーダから物標までの距離およびレーダに対する物標の相対速度を算出する。すなわち、距離遅延に基づく周波数成分を f_r 、相対速度に基づくドップラシフト周波数成分を f_d で表すと、

$$f_r = (f_1 + f_2) / 2 \quad \dots(1)$$

$$f_d = (f_2 - f_1) / 2 \quad \dots(2)$$

の関係にある。

[0024] 図3は、上り変調区間と下り変調区間のビート信号の周波数スペクトルの例を示している。ここで実線は上り変調区間でのビート信号の周波数スペクトル、破線は下り変調区間でのビート信号の周波数スペクトルである。図3に示した周波数範囲では、上り変調区間でのビート信号に、ピーク周波数が f_{11} , f_{12} , f_{13} の3つの突出部が生じていて、下り変調区間のビート信号に、ピーク周波数が f_{21} , f_{22} の2つの突出部が生じている。これらの複数の突出部同士のペアリングを行い、ペアをなす2つのピーク周波数から(1)式により物標との相対距離を求め、(2)式によって物標との相対速度を求める。例えば、ピーク周波数 f_{13} , f_{22} をペアと見なした場合、距離遅延に基づく周波数成分 f_r は、 $f_r = (f_{13} + f_{22}) / 2$ として求め、速度差によるドップラシフト周波数成分 f_d は、 $f_d = (f_{22} - f_{13}) / 2$ として求める。

[0025] ところで、図2に示したように、送信中心周波数を f_o 、変調周期を $1/f_m$ 、周波数変位幅を ΔF とすると、距離 R にある物標が相対速度 V で近づいてくる場合、ビート信号に含まれる距離遅延成分 f_r は

$$f_r = (4f_m \Delta F \cdot R) / C \quad \dots(3)$$

の関係にあるので、距離 R は

$$R = C f_r / (4f_m \Delta F) \quad \dots(4)$$

として求められる。またビート信号に含まれるドップラシフトに基づく周波数成分 f_d は

$$f_d = (2V f_o) / C \quad \dots(5)$$

の関係にあるので、相対速度 V は

$$V = C f_d / (2f_o) \quad \dots(6)$$

として求めることができる。

[0026] また、上り変調と下り変調のそれぞれの区間で行うFFTの周波数分解能は、この区間の基本周波数である $2f_m$ となり、それに相当する距離分解能を δR 、速度分解能を δV とすると、(4)式、(6)式にそれぞれ $R = \delta R$, $f_r = 2f_m$, $V = \delta V$, $f_d = 2f_m$ を代入して

$$\delta R = C / 2 \Delta F \quad \cdots(7)$$

$$\delta V = f_m \cdot C / f_o \quad \cdots(8)$$

となる。

[0027] 一方、アップビート周波数 f_1 、ダウンビート周波数 f_2 はそれぞれ

$$f_1 = f_r - f_d \quad \cdots(9)$$

$$f_2 = f_r + f_d \quad \cdots(10)$$

と表されるため、次の関係で表される時間を τ とすると、物標が等速直線運動をしている場合に、ある時刻で得られた f_1 , f_2 は、それぞれその時刻に対し τ 後にまたは τ 前の f_r に一致する。

$$[0028] \quad \tau = \delta R / \delta V = f_o / (2f_m \Delta F) \quad \cdots(11)$$

この関係を図4および図5を用いて説明する。

今、測定周期を T とし、 $nT = \tau$ の関係を満たすように測定周期 T を定めると、任意のタイミングで n 回後の測定タイミングにおける物標の距離遅延に基づく周波数成分 f_r を予測することができる。例えば、時刻 t での f_r は時刻 $t - nT$ での上り変調区間のビート周波数 f_1 に等しい。

[0029] 従って、「常に n 回前の f_1 を今回の f_r と見なして距離を求める」という処理が考えられる。しかし、それだけでは物標の相対速度が求められないし、物標が急加減速した時や、 $nT \neq \tau$ の条件に対する誤差が大きくなった場合に、距離の測定誤差もこれに応じて大きくなってしまう。

[0030] 一方、通常のFMCWレーダの場合、既に述べたとおり、ある時刻での測定における上り変調区間と下り変調区間でのビート周波数 f_1 , f_2 を組み合わせることにより、相対距離と相対速度を同時に求めることができるが、物標が複数存在する場合には f_1 , f_2 も複数となり、これらを正しく組み合わせなければ距離・速度とも真値と全く異なる値が出力されてしまう。

[0031] 本発明は、次の手順により物標の距離および相対速度を求め、上述のいずれの問題も同時に解消するものである。

[0032] (1) 時刻 $t-nT$ での上り変調区間のビート周波数 f_1 を時刻 t での予測距離 $f_{1\text{prd}}$ とする。

[0033] (2) 時刻 t での上り、下りそれぞれの変調区間のビート周波数 f_1, f_2 に対し、 $(f_{1\text{prd}} - \varepsilon) < (f_1 + f_2) / 2 < (f_{1\text{prd}} + \varepsilon)$ を満たす f_1 と f_2 のペア候補を求める。但し ε は生じうる誤差に基づき適宜設定する定数である。

[0034] (3)(2)で求めた組み合わせから、 $f_2 - f_1 \approx f_{2\text{prd}} - f_{1\text{prd}}$ を満たす $f_{2\text{prd}}$ が無いものをペア候補から除外する。但し $f_{2\text{prd}}$ は時刻 t での下り変調区間のビート周波数である。

[0035] (4)(3)で求めた組み合わせのうち、FMCWレーダのペアリングに用いられる他の諸条件(周波数スペクトルに現れる突出部のピーク値の一致度、周波数スペクトルの方位方向のプロファイルから求めたピーク方位の一致度等)も考慮し、ペアの可能性のある組み合わせを一つ以上選ぶ。

[0036] (5)(4)で選んだ f_1, f_2 より、 f_r, f_d を求め、この結果を(4)式、(6)式に代入し、相対距離 R と相対速度 V を得る。

[0037] 図4の(A)と(B)は物標の相対速度が異なっている例である。いずれの場合も時刻 t における距離遅延に基づく周波数成分 f_r は時刻 $t-nT$ でのアップビート信号周波数 f_1 に略等しい。

また図5は物標がレーダから遠ざかる場合のアップビート信号の周波数 f_1 とダウンビート信号の周波数 f_2 の変化の例を示している。この場合も時刻 t における f_r は時刻 $t-nT$ での f_1 に略等しい。

[0038] 次に、上述のペアリングの手順の例をフローチャートとして図6に示す。

ここで、 t は何回目の測定であるかを表す変数である。まず、 t に初期値0を代入し(S1)、ビート信号のサンプリングデータを入力し、FFT演算する(S2→S3)。その後、FFT演算により求めたアップビート信号の周波数スペクトルに現れる突出部のピーク周波数(以下単に「アップビート信号のピーク周波数」という。)とダウンビート信号の周波数スペクトルに現れる突出部のピーク周波数(以下単に「ダウンビート信号のピ

ーク周波数」という。)とを2次元配列変数 $f1[t]$, $f2[t]$ に代入する。(S4)。但し、以降の説明では各タイミングでのアップビート信号とダウンビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の突出部のピーク周波数のデータ列をまとめて表すために1次元配列の形式で表す。

[0039] 続いてアップビート信号とダウンビート信号に含まれる複数のピーク周波数のうち、 $(f1[t] + f2[t]) / 2$ が nT だけ前回の測定で求めたアップビート信号の複数のピーク周波数 $f1[t-nT]$ に対して $\pm \epsilon$ の範囲で一致するピーク周波数 $f1[t]$, $f2[t]$ の組み合わせをペア候補として抽出する(S5)。

[0040] 続いて今回のアップビート信号のピーク周波数 $f1[t]$ とダウンビート信号のピーク周波数 $f2[t]$ との差が、時刻 $t-nT$ での $f1$, $f2$ との差 $(f2[t-nT]-f1[t-nT])$ に略等しくなる $f2[t-nT]$ が無い場合、 $f1[t]$ と $f2[t]$ の組み合わせをペア候補から除外する(S6)。その後はピーク強度やピーク方位の類似度を考慮して最も確からしい組み合わせをペアとして決定する(S7)。

[0041] 以上の処理を繰り返すことによって各測定タイミングでのペアリングを行う(S7→S8→S2→……)。

[0042] 次に第2の実施形態に係るレーダのペアリングに関する別の処理内容を図7を参照して説明する。

第1の実施形態では時刻 $t-nT$ での $f1$, $f2$ から時刻 t での f_r を推定するようにしたが、この第2の実施形態では時刻 t での $f2$ から時刻 $t-nT$ での f_r を推定する。

[0043] 図7はそのペアリングの処理手順を示すフローチャートである。図6の例と異なるのはステップS15, S16, S18である。ステップS15では、時刻 $t-nT$ でのアップビート信号とダウンビート信号に含まれていた複数のピーク周波数のうち、 $(f1[t-nT] + f2[t-nT]) / 2$ が今回の測定で求めたダウンビート信号の複数ピーク周波数 $f2[t]$ に対して $\pm \epsilon$ の範囲で一致するピーク周波数 $f1[t-nT]$, $f2[t-nT]$ の組み合わせをペア候補として抽出する。

[0044] 続いて時刻 t でのアップビート信号のピーク周波数 $f1$ とダウンビート信号のピーク周波数 $f2$ との差 $(f2[t] - f1[t])$ が、時刻 $t-nT$ での $f1$, $f2$ との差 $(f2[t-nT]-f1[t-nT])$ に略等しくなる $f1[t]$ が無い場合、 $f1[t-nT]$ と $f2[t-nT]$ の組み合わせをペア候補から

除外する(S16)。

[0045] その後、ピーク強度やピーク方位の類似度を考慮して最も確からしい組み合わせをペアとして決定する(S17)。

[0046] そして、ペアと見なした $f1[t-nT]$, $f2[t-nT]$ を用い、今回の測定で求めた $f1$ と $f2$ の差であるドップラシフト周波数と、時刻 $t-nT$ での測定で求めた $f1$ と $f2$ の差であるドップラシフト周波数とが略等しい(すなわち $f2[t] - f1[t] \approx f2[t-nT] - f1[t-nT]$)を満たす $f1[t]$, $f2[t]$ を抽出し、

$$fr[t] = (f1[t] + f2[t]) / 2$$

$$fd[t] = (f2[t] - f1[t]) / 2$$

により今回の測定タイミングにおける相対距離と相対速度を求める(S18)。

[0047] 次に、第3の実施形態に係るレーダについて図8・図9を参照して説明する。

第1・第2の実施形態では測定周期 T が(11)式を満たすように定めた場合について示したが、この第3の実施形態では、任意の測定周期に対応するものである。

[0048] 図8は各測定タイミングでのアップビート信号のピーク周波数 $f1$ 、ダウンビート信号のピーク周波数 $f2$ および距離遅延に基づく周波数成分 fr の変化の例を示している。この例では周期 nT は nT と τ の差が最小となるよう n を適切に選んでも、 $nT \approx \tau$ とならず、 $nT < \tau$ の関係にある。そのため前回の測定タイミング $t-nT$ での $f1$ は今回の測定タイミング t での fr とは一致しない。

[0049] 図9はこの第3の実施形態に係るレーダのペアリングに関する処理手順を示すフローチャートである。図6に示した手順と異なるのはステップS25～S27である。ステップS25では時刻 $t-2nT$ での $f1$ に最も近い周波数を示す今回の時刻 t での $f2$ を選び、両者の平均値が時刻 $t-nT$ での fr (すなわち $(f1[t-2nT] + f2[t]) / 2$)に $\pm \epsilon$ の範囲で一致する時刻 $t-nT$ での $f1$, $f2$ をペア候補として抽出する。

[0050] 続いて時刻 t でのアップビート信号のピーク周波数 $f1$ とダウンビート信号のピーク周波数 $f2$ との差 $(f2[t] - f1[t])$ が、時刻 $t-nT$ での $f1$, $f2$ の差 $(f2[t-nT] - f1[t-nT])$ に略等しくなる $f1[t]$ が無い場合、 $f1[t-nT]$ と $f2[t-nT]$ の組み合わせをペア候補から除外する(S26)。

[0051] さらに同様に、時刻 $t-2nT$ でのアップビート信号のピーク周波数 $f1$ とダウンビート信

号のピーク周波数 f_2 との差($f_2[t-2nT] - f_1[t-2nT]$)が、時刻 $t-nT$ での f_1 , f_2 との差($f_2[t-nT] - f_1[t-nT]$)に略等しくなる $f_2[t-2nT]$ が無い場合、 $f_1[t-nT]$ と $f_2[t-nT]$ の組み合わせをペア候補から除く(S27)。

[0052] このようにして、時刻 t での f_2 と時刻 $t-2nT$ での f_1 とから時刻 $t-nT$ での f_r を推定し、距離遅延に基づく周波数成分がその f_r を満たすようなペアをペア候補として抽出し、その抽出したペアから求まるドップラシフト周波数成分 $f_d[t-nT]$ と略等しいドップラシフト周波数となるペアが時刻 t または $t-2nT$ の測定タイミングで存在する組み合わせを抽出することによって時刻 $t-nT$ でのペア候補を抽出する。

[0053] なお、時刻 t での f_r , f_d を求めるには、図7のステップ18で示した場合と同様に、ペアと見なした $f_1[t-nT]$, $f_2[t-nT]$ を用い、今回の測定で求めた f_1 と f_2 の差であるドップラシフト周波数と、時刻 $t-nT$ での測定で求めた f_1 と f_2 の差であるドップラシフト周波数とが略等しい(すなわち $f_2[t] - f_1[t] \approx f_2[t-nT] - f_1[t-nT]$)を満たす $f_1[t]$, $f_2[t]$ を抽出し、

$$f_r[t] = (f_1[t] + f_2[t]) / 2$$

$$f_d[t] = (f_2[t] - f_1[t]) / 2$$

により今回の測定タイミングにおける距離と相対速度を求めればよい。

請求の範囲

- [1] 周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降する下り変調区間とを交互に繰り返す送信信号を送信するとともに、該送信信号の物標での反射信号である受信信号を受信する送受信手段と、

前記送信信号と前記受信信号とのビート信号の周波数スペクトルに関するデータを求める周波数分析手段と、

前記上り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第1突出部と、前記下り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第2突出部とから、同一物標による前記送信信号の反射に起因して生じた突出部のペアを抽出するペア抽出手段と、

該ペアをなす2つの突出部の周波数に基づいて、物標までの距離と物標との相対速度を検知する手段とを備えたレーダにおいて、

前記ペア抽出手段は、所定タイミングでの第1の突出部のピーク周波数から該所定タイミングより一定時間後のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記一定時間後のタイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出する手段を設けたレーダ。

- [2] 周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降する下り変調区間とを交互に繰り返す送信信号を送信するとともに、該送信信号の物標での反射信号である受信信号を受信する送受信手段と、

前記送信信号と前記受信信号とのビート信号の周波数スペクトルに関するデータを求める周波数分析手段と、

前記上り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第1突出部と、前記下り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第2突出部とから、同一物標による前記送信信号の反射に起因して生じた突出部のペアを抽出するペア抽出手段と、

該ペアをなす2つの突出部の周波数に基づいて、物標までの距離と物標との相対速度を検知する手段とを備えたレーダにおいて、

前記ペア抽出手段は、所定タイミングでの第2の突出部のピーク周波数から該所定

タイミングより一定時間前のタイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記一定時間前のタイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出する手段を設けたレーダ。

[3] 前記ペア抽出手段は、

前記周波数分析を行う測定周期を T 、前記上り変調区間とそれに隣接する下り変調区間とを一周期とする変調周期を $1/f_m$ 、前記送信信号の中心周波数を f_0 、前記上り変調区間と下り変調区間での周波数変位幅を ΔF とすると、

$$nT \div f_0 / (2 \Delta F \cdot f_m)$$

(但し、 n は任意の自然数)

の関係を満たす nT を前記一定時間として前記突出部のペアを抽出することを特徴とする請求項1または2に記載のレーダ。

[4] 周波数が次第に上昇する上り変調区間と、周波数が次第に下降する下り変調区間とを交互に繰り返す送信信号を送信するとともに、該送信信号の物標での反射信号である受信信号を受信する送受信手段と、

前記送信信号と前記受信信号とのビート信号の周波数スペクトルに関するデータを求める周波数分析手段と、

前記上り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第1の突出部と、前記下り変調区間の前記ビート信号の周波数スペクトルに現れる複数の第2の突出部とから、同一物標による前記送信信号の反射に起因して生じた突出部のペアを抽出するペア抽出手段と、

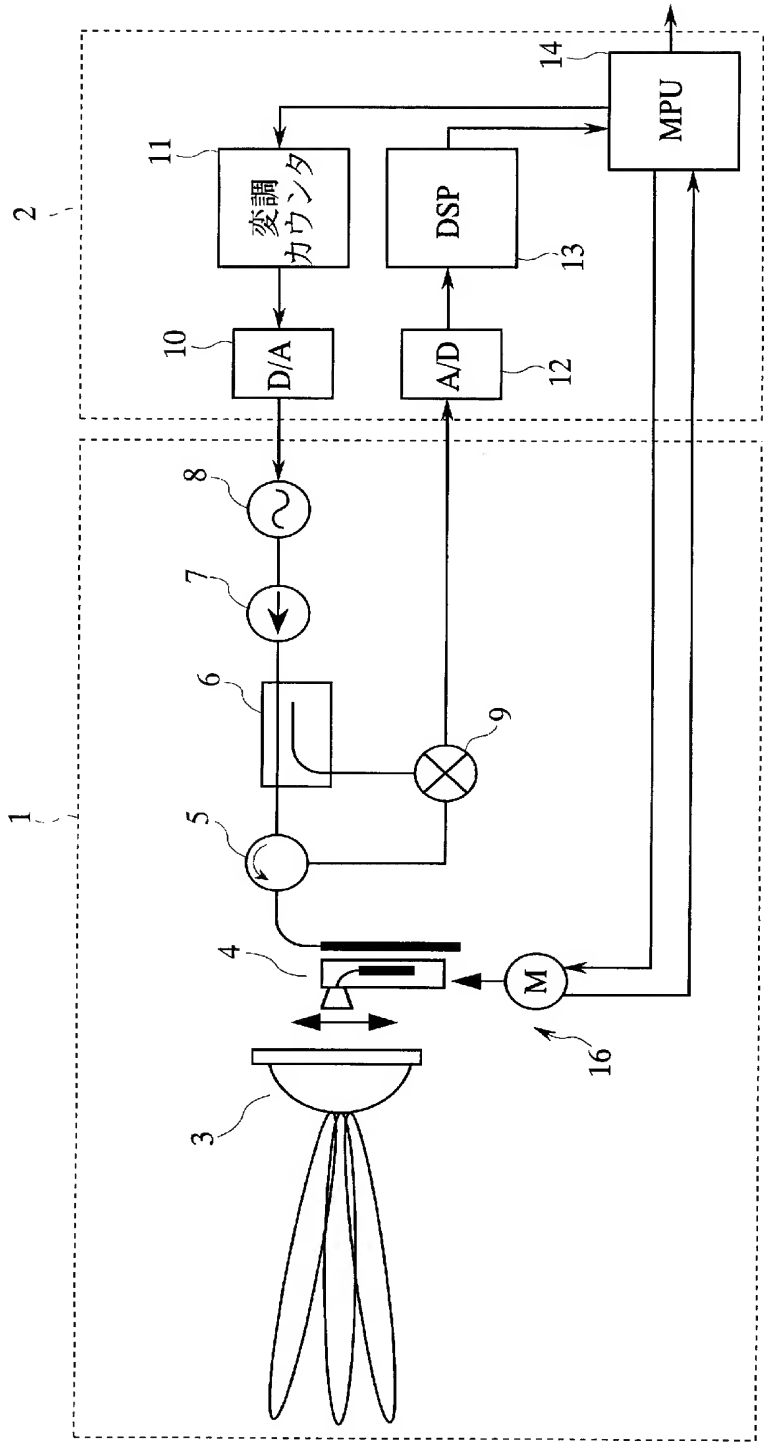
該ペアをなす2つの突出部の周波数に基づいて、物標までの距離と物標との相対速度を検知する手段とを備えたレーダにおいて、

前記ペア抽出手段は、所定タイミングから一定時間前の第1の突出部のピーク周波数と前記所定タイミングから一定時間後の第2の突出部のピーク周波数とを用いて、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記所定タイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出する手段を設けたレーダ。

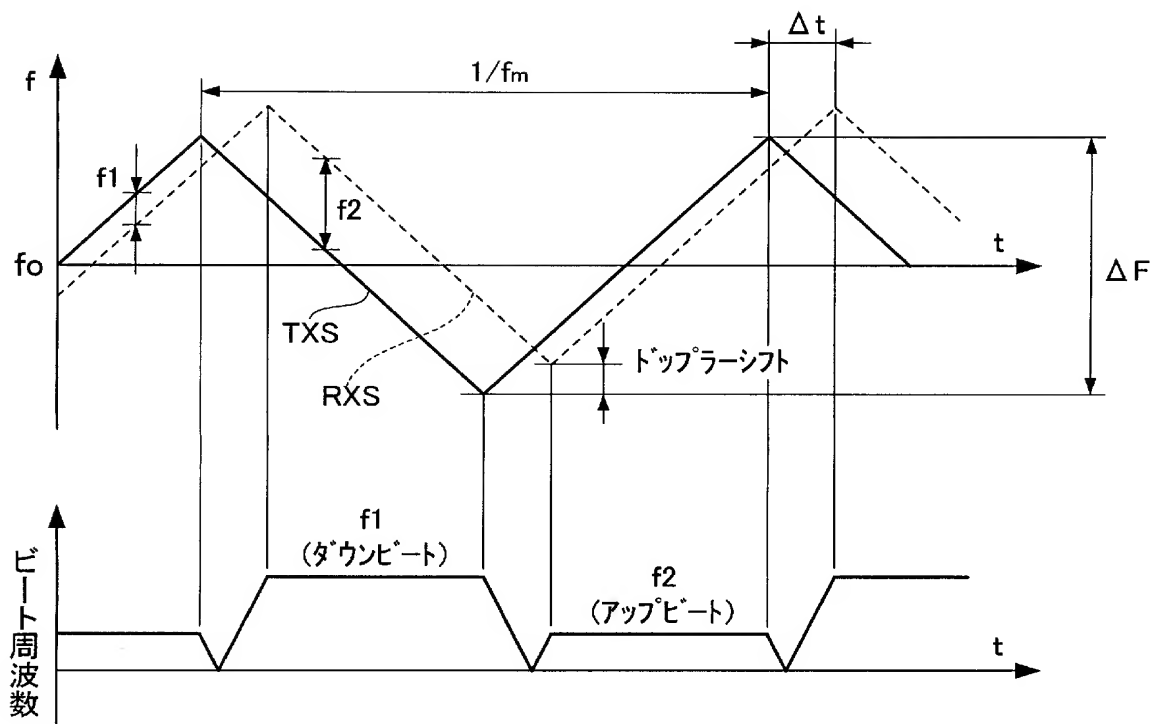
[5] 前記ペア抽出手段は、前記所定タイミングでのペアをなす第1・第2の突出部のピーク周波数と前記所定タイミングでの第1・第2の突出部のピーク周波数の中心周波数を予測し、前記所定タイミングで得られた突出部のペアを前記中心周波数を基に抽出する手段を設けたレーダ。

ーク周波数の差に略等しい周波数差を形成する前記所定タイミングでの前記中心周波数の予測に用いた前記一定時間前のタイミングでの第1の突出部とペアをなす第2の突出部が無い場合に、および／または前記周波数差を形成する前記所定タイミングでの前記中心周波数の予測に用いた前記一定時間後のタイミングでの第2の突出部とペアをなす第1の突出部が無い場合に、前記所定タイミングでの第1・第2の突出部の組み合わせをペア候補から除外する請求項4に記載のレーダ。

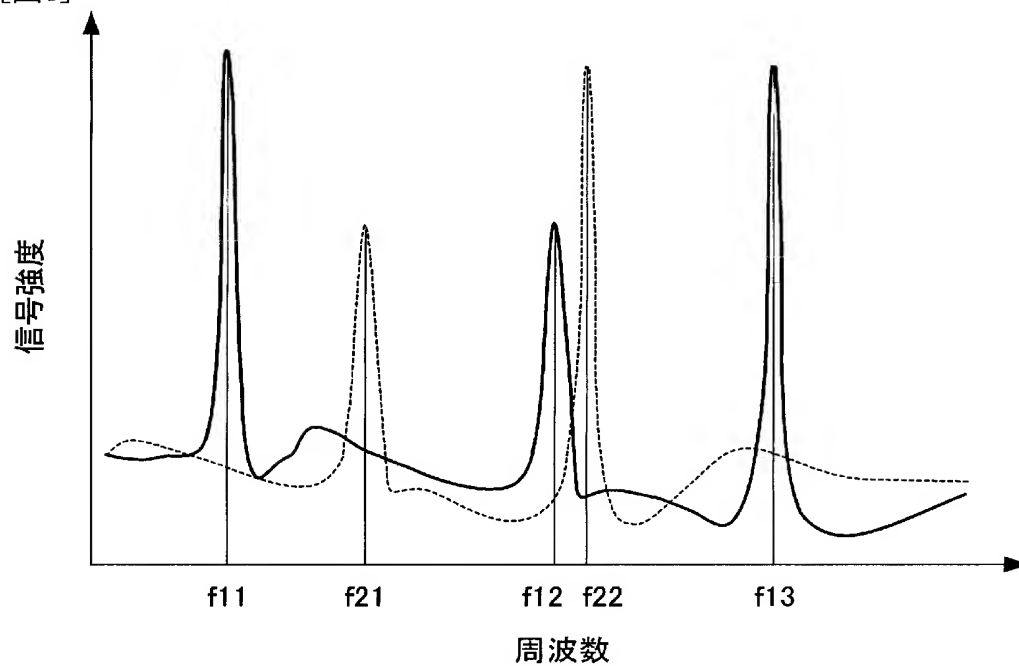
[図1]



[図2]

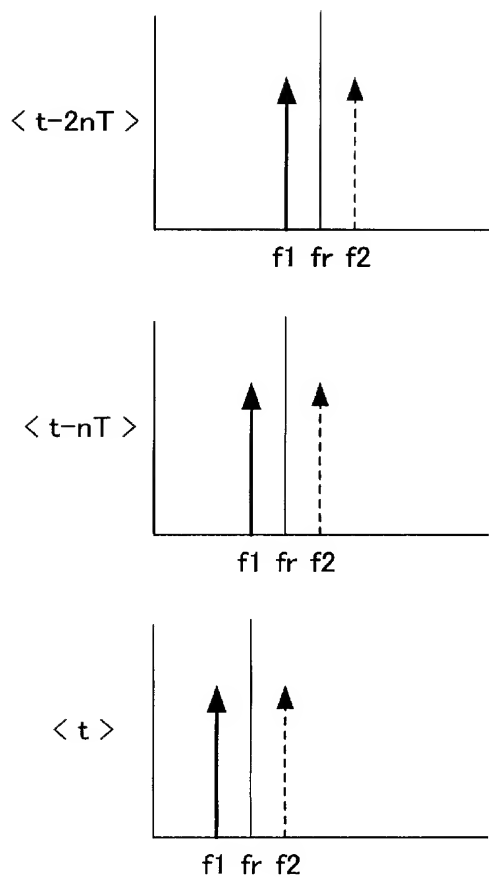


[図3]

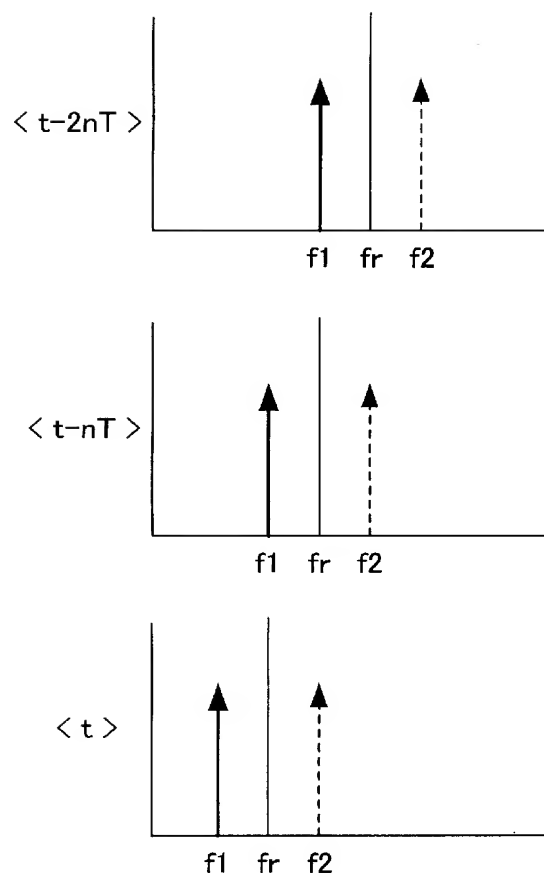


[図4]

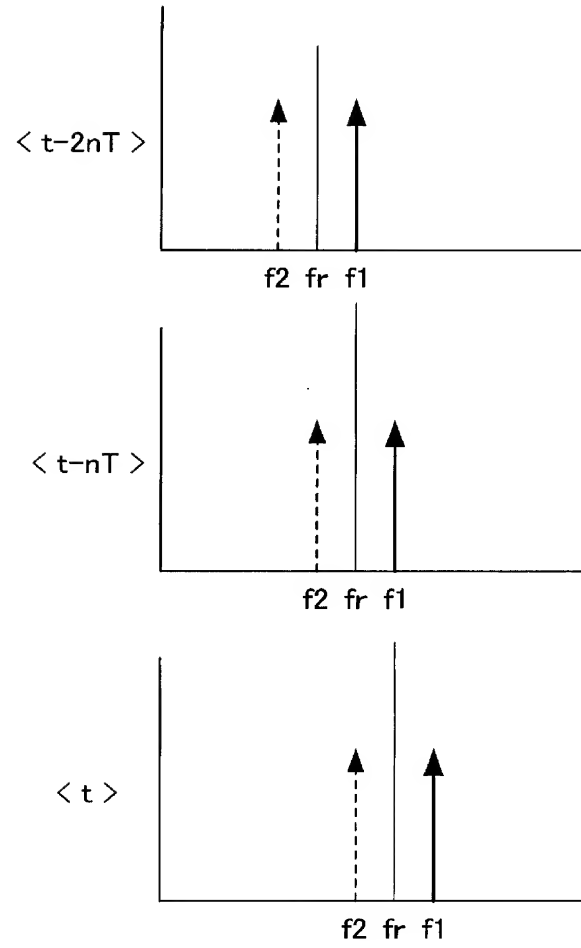
(A)



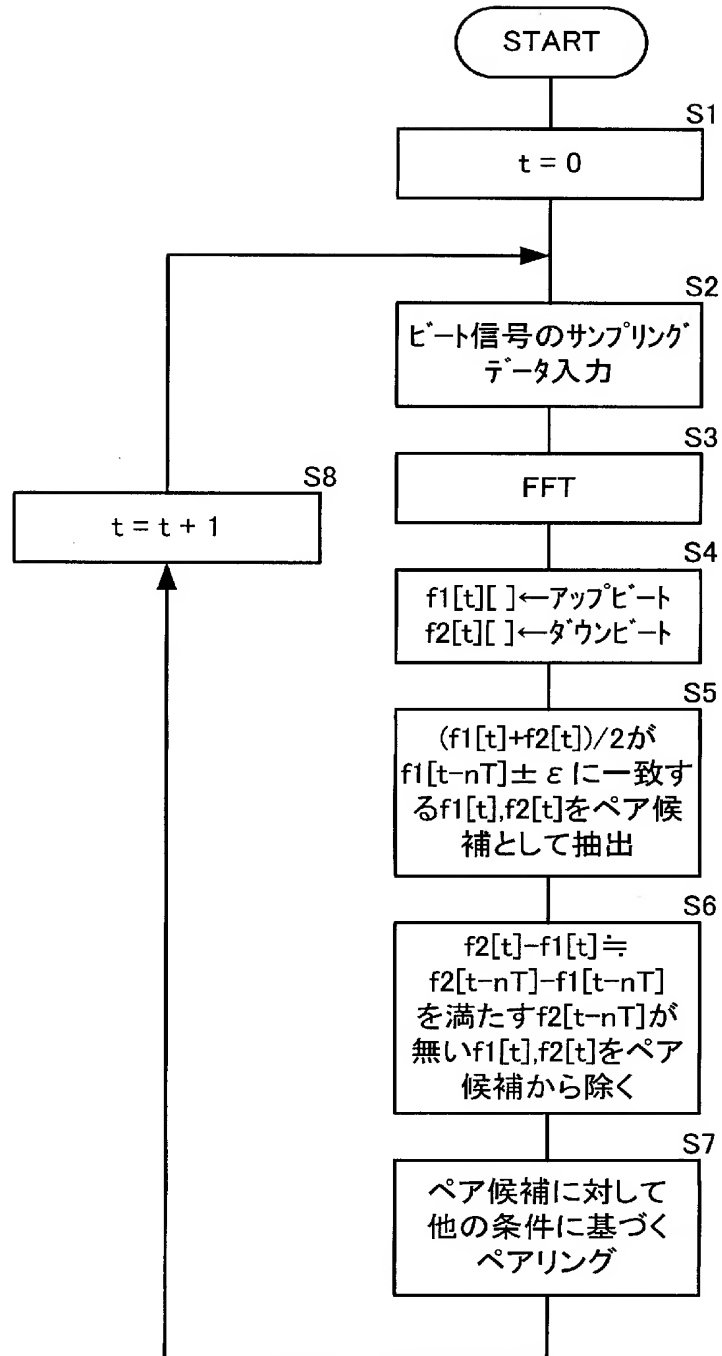
(B)



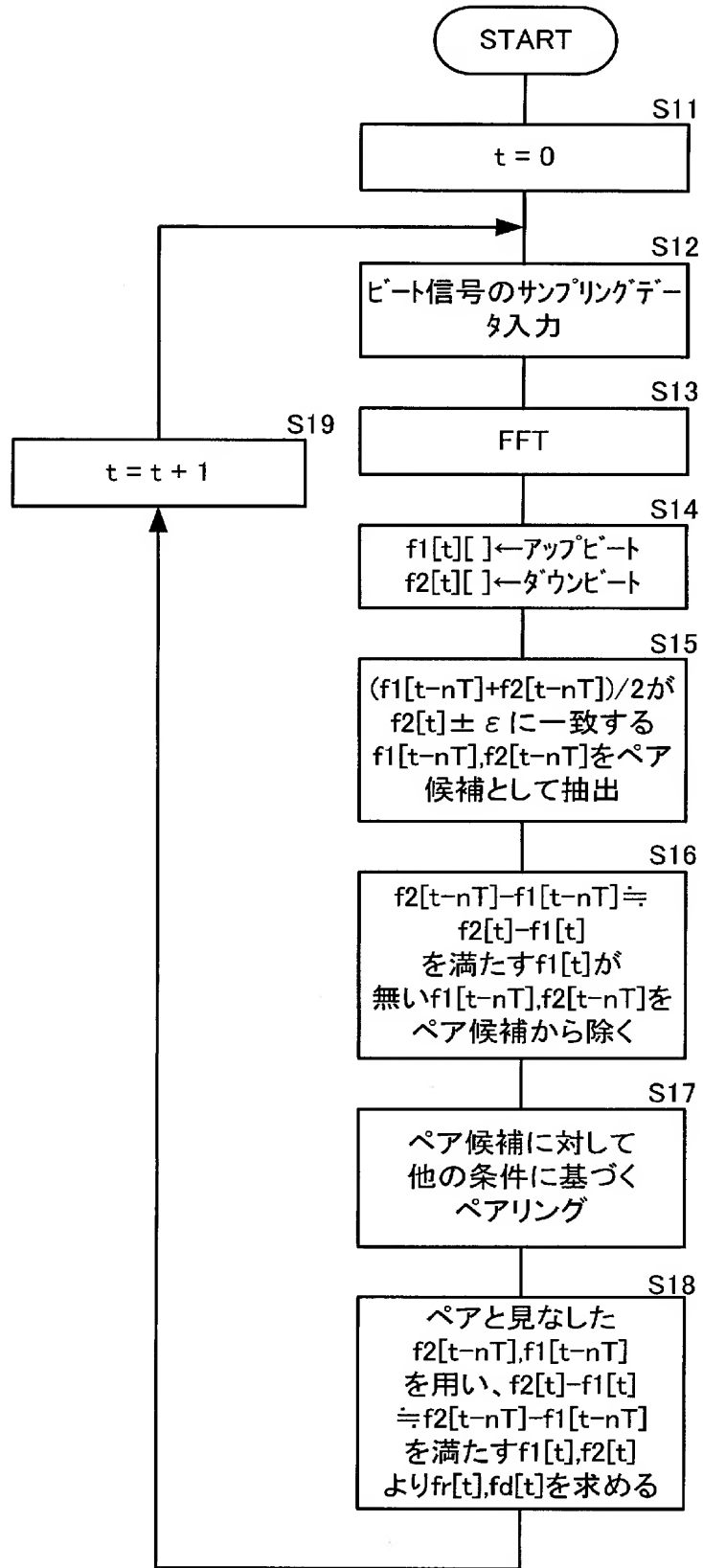
[図5]



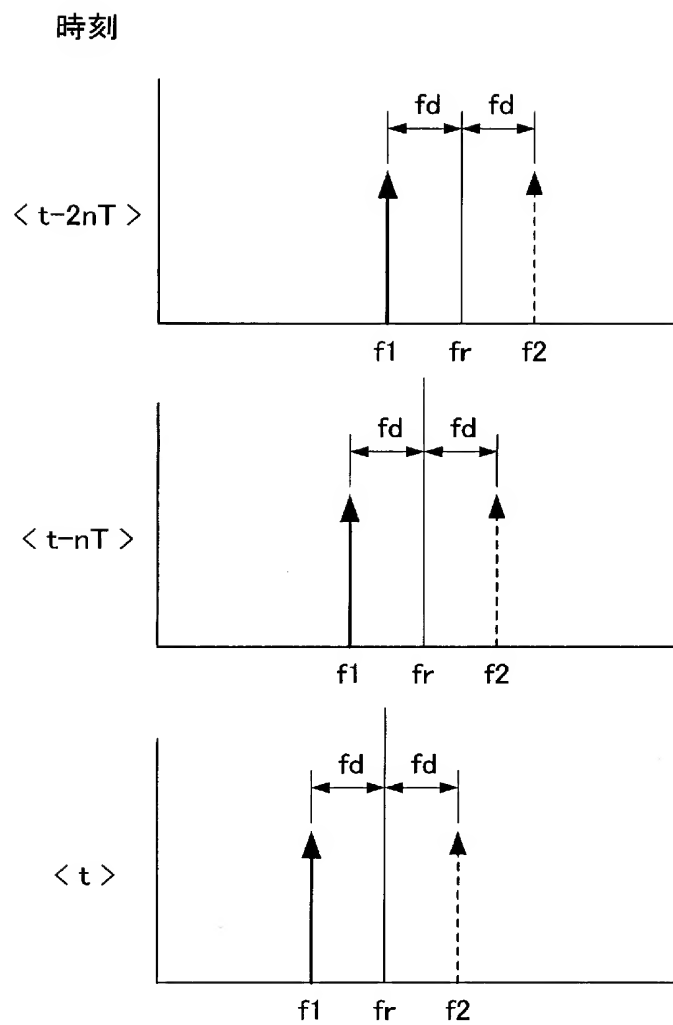
[図6]



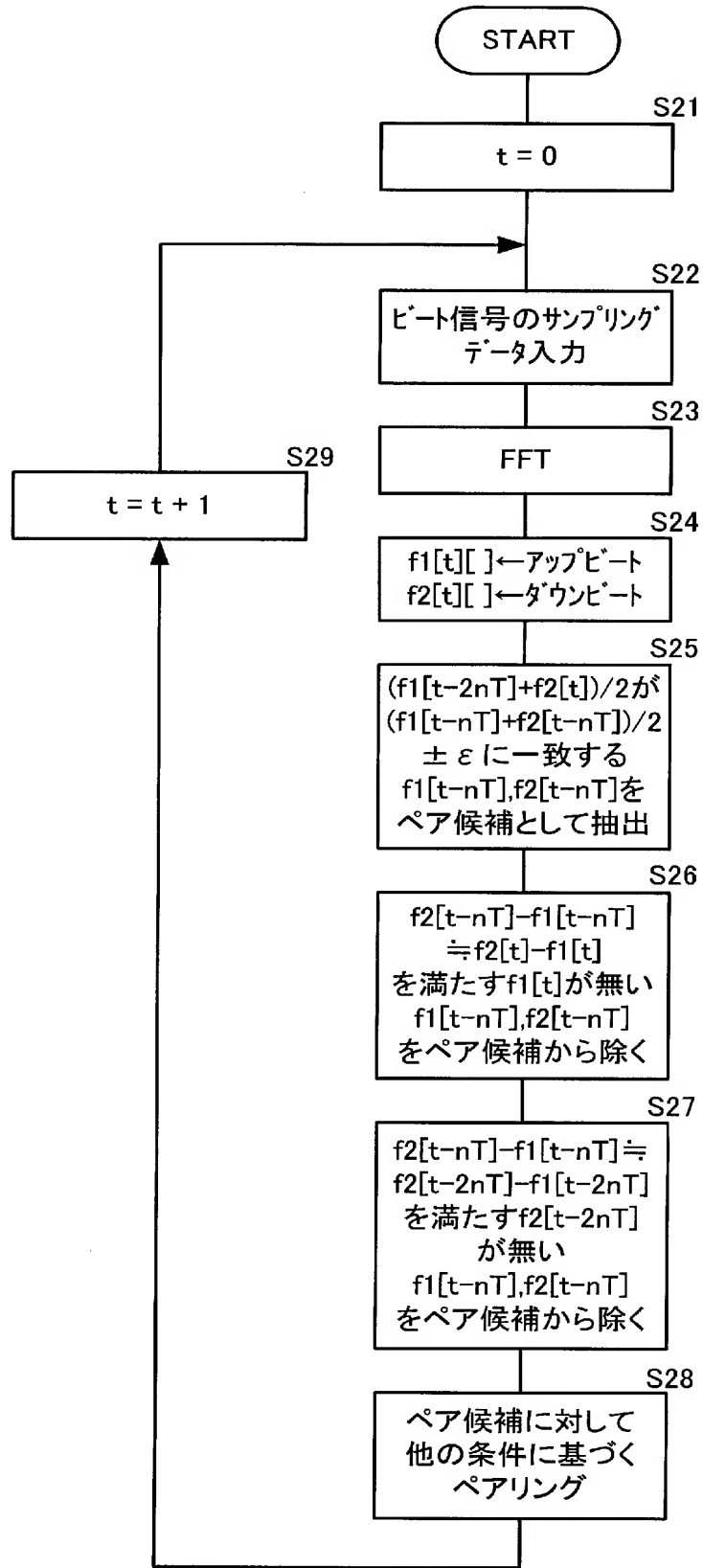
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016530

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl.⁷ G01S13/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ G01S13/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-262130 A (Nippondenso Co., Ltd.), 11 October, 1996 (11.10.96), Par. Nos. [0009] to [0015] & US 5619208 A & DE 19602437 A	1-5
A	JP 3305624 B (Honda Motor Co., Ltd.), 10 May, 2002 (10.05.02), Claims 1 to 3 & US 5963162 A	1-5
A	WO 02/067010 A (Mitsubishi Electric Corp.), 29 August, 2002 (29.08.02), Description; page 10, line 6 to page 12, line 4 & EP 1275977 A & US 2003/0142009 A1	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
26 November, 2004 (26.11.04)

Date of mailing of the international search report
14 December, 2004 (14.12.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016530

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-504612 A (Siemens AG.), 06 May, 1997 (06.05.97), Page 12, line 25 to page 13, line 7 & US 5625362 A & GB 2283631 A & WO 95/12824 A	1-5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016530

Claims 1-3

Claims 1-2 include all the "constant times" and claims 1-3 includes all predictions of center frequency before and after a constant time according to the peak frequency of the first or the second protruding portion. However, what is disclosed within the meaning of PCT Article 5 and what is supported within the meaning of PCT Article 6 is that "the constant time" is a particular time disclosed in claim 3 and that the peak frequency of the first or the second protruding portion is predicted to be a center frequency at a predetermined timing based on the particular time.

Accordingly, the search for claims 1-3 has been performed for the case that the center frequency based on the particular time is predicted in the aforementioned particular form.

Claims 4-5

Claims 4-5 relate to prediction of "the center frequency of the peak frequency of the first and the second protruding portion at a predetermined timing" by using "the peak frequency of the first protruding portion preceding the predetermined timing by a constant time" and "the peak frequency of the second protruding portion following the predetermined timing by a constant time" and includes all the prediction methods without any limitation. However, what is disclosed within the meaning of PCT Article 5 and what is supported within the meaning of PCT Article 6 is only the prediction of the average value of "the peak frequency of the first protruding portion preceding the predetermined timing by a constant time" and "the peak frequency of the second protruding portion following the predetermined timing by a constant time" to be a center frequency at a predetermined timing as the middle point.

Accordingly, the search for claims 4-5 has been performed for the case that the aforementioned particular prediction is performed.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01S13/34

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01S13/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 8-262130 A (日本電装株式会社) 1996. 10. 11, [0009] - [0015] 段 &US 5619208 A &DE 19602437 A	1 - 5
A	JP 3305624 B (本田技研工業株式会社) 2002. 05. 10, 請求項1-3 &US 5963162 A	1 - 5
A	WO 02/067010 A (三菱電機株式会社) 2002. 08. 29, 明細書第10頁 6行 - 第12頁4行 &EP 1275977 A, &US 2003/0142009 A1	1 - 5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

26. 11. 2004

国際調査報告の発送日

14.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

有家 秀郎

2S

9402

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 9-504612 A (シーメンス アクチエンゲゼルシャフト) 1997.05.06, 第 1 2 頁 2 5 行—第 1 3 頁 7 行 &US 5625362 A &GB 2283631 A &WO 95/12824 A	1 — 5

請求の範囲 1－3

請求の範囲 1－2 は、あらゆる「一定時間」を包含し、請求の範囲 1－3 は、中心周波数の予測について、一定時間前または後の、第 1 または第 2 の突出部のピーク周波数に基づく予測を行うものを全て包含する。しかし、PCT 第 5 条の意味において開示され、PCT 第 6 条の意味において裏付けされているのは、「一定時間」が請求の範囲 3 に記載される特定の時間であって、かつ、第 1 または第 2 の突出部のピーク周波数を、当該一定時間を隔てた所定タイミングでの中心周波数であると予測するもののみである。

よって、請求の範囲 1－3 についての調査は、上記特定の時間を隔てた中心周波数を、上記特定の形で予測するものについて行った。

請求の範囲 4－5

請求の範囲 4－5 は、「所定タイミングでの第 1・第 2 の突出部のピーク周波数の中心周波数」の予測について、「所定タイミングから一定時間前の第 1 の突出部のピーク周波数」と「所定タイミングから一定時間後の第 2 の突出部のピーク周波数」とを用いていれば、あらゆる予測手法によるものを何らの限定なく包含する。しかし、PCT 第 5 条の意味において開示され、PCT 第 6 条の意味において裏付けされているのは、「所定タイミングから一定時間前の第 1 の突出部のピーク周波数」と「所定タイミングから一定時間後の第 2 の突出部のピーク周波数」との平均値を、中間時点である所定タイミングでの中心周波数と予測するもののみである。

よって、請求の範囲 4－5 についての調査は、上記特定の予測をするものについて行った。